

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-346817

(P2000-346817A)

(43) 公開日 平成12年12月15日 (2000. 12. 15)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーム(参考)

G 0 1 N 23/227

G 0 1 N 23/227

2 G 0 0 1

G 2 1 K 5/02

G 2 1 K 5/02

X 5 F 0 4 6

H 0 1 L 21/027

H 0 1 L 21/30

5 0 2 Z

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号

特願平11-159020

(22) 出願日

平成11年6月7日 (1999. 6. 7)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 近藤 洋行

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

Fターム(参考) 2G001 AA03 AA07 AA09 BA08 BA09

CA03 DA09 EA07 EA20 FA03

FA18 FA25 FA30 GA01 GA19

JA15 KA01 KA03 LA11 LA20

MA05 NA15 PA07

5F046 DA12 DA30 DB14 GA03 GA06

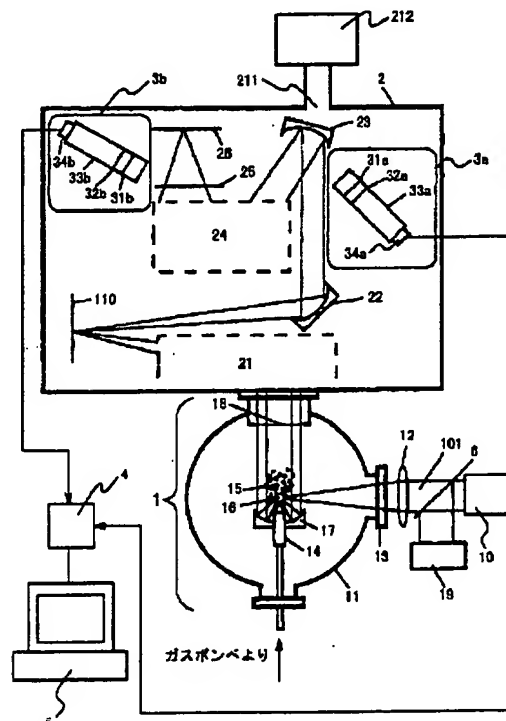
GA14 GB01 GC03 GD10

(54) 【発明の名称】 測定装置、照射装置および露光方法

(57) 【要約】

【課題】 X線光学素子上の汚染状態を測定することを目的とする。また、更に、X線光学素子の交換や洗浄の必要性の有無を知ることができるX線照射装置又は露光方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 光学素子23、25に電磁波又は電子線を照射して、光学素子23、25の汚れ具合を測定する測定装置において、光学素子23、25から放出される電子を検出し、検出された電子のうち所定のエネルギー範囲の電子を選択して、選択されたエネルギー範囲内の電子を測定する測定手段3a、3bを備えた。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光学素子に電磁波又は電子線を照射して、前記光学素子の汚れ具合を測定する測定装置において、

前記光学素子から放出される電子を検出し、前記検出された電子のうち、所定のエネルギー範囲の電子を選択して、前記選択されたエネルギー範囲内の前記電子を測定する測定手段を備えたことを特徴とする測定装置。

【請求項2】 前記測定手段では、前記光学素子から放出された電子を検出して検出信号を出力する検出手段を備え、

飛行時間法により前記電子のエネルギーを測定することで、前記検出手段で得られた信号を基に前記所定のエネルギー範囲の電子の情報を選択することを特徴とする請求項1に記載の測定装置。

【請求項3】 前記所定のエネルギー範囲は、前記光学素子を構成する物質と前記電磁波又は前記電子線のエネルギーに応じて定めたエネルギー範囲であり、かつ前記測定手段では、前記選択されたエネルギー範囲での電子数に関する信号を取得し、前記信号を基に前記光学素子の汚れ具合を検出することを特徴とする請求項1又は2に記載の測定装置。

【請求項4】 前記所定のエネルギー範囲は、前記光学素子に付着すると予想される汚染物質と前記電磁波又は前記電子線のエネルギーに応じて定められたエネルギー範囲であり、

かつ前記測定手段では、前記選択されたエネルギー範囲での電子数に関する信号を取得し、前記信号を基に前記光学素子の汚れ具合を測定することを特徴とする請求項1又は2に記載の測定装置。

【請求項5】 前記測定手段では前記光学素子を構成する物質と前記電磁波又は前記電子線のエネルギーに応じて定められたエネルギー範囲内の電子についてそのスペクトルを得て、前記スペクトルのピーク値から、前記光学素子に付着した汚染物質を特定する物質特定部を備えたことを特徴とする請求項1又は2に記載の測定装置。

【請求項6】 前記エネルギー範囲は、前記光学素子を構成する物質と前記電磁波又は前記電子線のエネルギーとに応じて定められた第1の電子のエネルギー範囲と、前記光学素子に付着すると予想される汚染物質と前記電磁波又は前記電子線のエネルギーに応じて定められた第2の電子のエネルギー範囲とからなり、

かつ前記測定手段では、前記第1及び第2のエネルギー範囲のそれぞれで前記光学素子から放出された電子を検出して、前記第1のエネルギー範囲における電子数に関する第1の信号及び前記第2のエネルギー範囲での電子数に関する第2の信号を取得し、前記第1の信号と前記第2の信号を基に、前記第1のエネルギー範囲の電子数と前記第2のエネルギー範囲での電子数を比較して、前記光学素子の汚れ具合を検出することを特徴とする請求

項1又は2に記載の測定装置。

【請求項7】 前記測定手段では、前記光学素子から所定の角度範囲で放出される電子を検出する検出手段が備えられ、前記検出手段の前記光学素子に対する検出角度が可変であることを特徴とする請求項1又は2に記載の測定装置。

【請求項8】 前記光学素子には、前記光学素子への前記電磁波又は前記電子線の照射により所定のエネルギーの電子を放出する物質が形成されていることを特徴とする請求項1乃至7のうちいずれか一項記載の測定装置。

【請求項9】 光学素子に電磁波又は電子線を照射して、前記光学素子の汚れ具合を測定する測定装置において、

前記光学素子に付着した汚染物質から放出される電子を検出して、前記光学素子の汚れ具合を測定することを特徴とする測定装置。

【請求項10】 被照射物体上に、X線を照射する照射装置において、

感光材料が感光可能な露光波長を有する前記X線を生成する光源と、

前記光源からの電磁波を前記基板に到達させる少なくとも一つの光学素子と、

前記光学素子及び前記光学素子に付着した汚染物質から放出される電子を検出し、前記検出された電子のうち、所定のエネルギー範囲の電子を選択して、前記選択されたエネルギー範囲内における前記電子を測定する測定手段を備えたことを特徴とするX線照射装置。

【請求項11】 前記測定手段は、前記被照射物体又は前記光源に最も近い位置に配置された前記光学素子又は前記光源を含んでいる容器内に置かれている前記光学素子に設けられたことを特徴とする請求項10に記載のX線照射装置。

【請求項12】 前記光学素子は真空容器内に設けられ、

前記真空容器には、前記真空容器内に存在する気体を前記真空容器外に放出する吸引手段が備えられ、

前記測定手段は、前記吸引手段に最も近い位置に配置された前記光学素子に設けられたことを特徴とする請求項10に記載のX線照射装置。

【請求項13】 X線源から放射された光を光学素子を介して、パターンが形成されたマスクに照射しかつ感光剤が設けられた基板上にマスクの像を投影する露光方法において、

前記光学素子から放出される電子を検出して、前記検出された電子のうち、所定のエネルギー範囲の電子を選択して、前記選択されたエネルギー範囲内の前記電子を測定することで、前記光学素子の汚染状況を得て、露光することを特徴とする露光方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、X線や紫外線等を用いた顕微鏡や分析装置、露光装置などに用いられる光学素子の汚染状況を検出する測定装置、および光学素子の汚染状況を見ながら、使用される顕微鏡や分析装置、露光装置などに代表される照射装置および半導体装置の製造時に使用する露光方法に関する。

【0002】

【従来の技術】放射光リングから輻射される放射光は、輝度が高く、また、波長可変であることから、X線分析装置やX線顕微鏡、X線露光装置の光源として用いられる。また、パルスレーザー光を真空容器内に配置された標的物質に集光し、標的物質をプラズマ化して、このプラズマから輻射されるX線を取り出すことで光源として利用するレーザープラズマX線源（以下、「LPX」とする。）も同様に光源として用いられる。特にこのレーザープラズマX線源は、小型でありながら、アンジュレーター光源に匹敵するほどの輝度を持つため、X線機器の光源として近年注目されている。

【0003】また、Zピンチプラズマやキャピラリー中の放電による放電プラズマを用いたX線源も安価な光源として注目されている。これらのX線機器では、X線源から放出されたX線をX線光学素子により、試料やマスク、レジストが形成された基板に照射している。とくに、X線縮小投影露光装置などに使用されているX線の波長は、数ナノメートルから50ナノメートル程度の波長域である極端紫外線域である。この波長域は、物質の吸収が大きいので、このような光学素子に僅かでも汚染物質が付着しただけで、反射率や透過率などの光学素子の光学的特性が著しく低下する。

【0004】ところで、軟X線を用いた光学装置では、空気によるX線の減衰を排除するために、光路中を真空に排気する。したがって、軟X線の光路に当たる部分は真空チャンバーで覆い、真空チャンバー内をロータリポンプや拡散ポンプなどの真空排気装置で排気する。このため、排気中に真空排気装置からオイルが逆流し、オイル分子が真空容器内に僅かながら存在する。したがって、長時間装置の運転を続けると真空容器内に漂っているオイル分子が光学素子に付着・堆積するようになり、真空チャンバー内に配置された光学素子の光学特性が低下してしまう。

【0005】また、一方、軟X線の光源として、先に説明したようにLPXや放電プラズマX線源が注目されている。このLPXや放電プラズマX線源は、プラズマやプラズマ近傍の配置された部材から飛散粒子が放出される。このような飛散粒子は光学素子上に付着すると、その光学素子の光学特性が低下してしまう。このように、軟X線を用いた光学装置は、各種の要因により汚染物質が付着して、光学素子の光学特性が低下すると、光学装置自体のスルーputの低下を招くため、光学素子の汚染量を監視し、汚染量が所定を超えた場合、汚れた光学

素子を交換したり、クリーニングしなければならない。

【0006】ところで、光学装置の一種である従来の露光装置では、光学素子上の汚染物質の量を装置運転中に監視する機構は無く、露光装置を運転した結果、被照射物体への露光量が不足してきたときに、光学素子の汚染を疑っている。また、他の光学装置についても、同様に判断されている。例えば、LPXを使ったX線顕微鏡の場合には、鮮明な観察像を得るのに10ショット必要であったのが、20ショット必要になってきた場合に、光学素子の汚染を判断したり、また、放射光を使用したX線露光装置の場合には、ある線幅のパターンを転写するのに必要な時間が長くなるようになってきた場合に、光学素子の汚染を判断していた。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、この方法では、露光量が足りなくなってきたから光学素子の汚染の有無を判断している。したがって、汚染による影響が使用者にわかる程度発現するまで、光学素子の汚染の有無がわからなかった。本発明は、このような従来技術の問題点に鑑みてなされたもので、X線光学素子上の汚染状態を測定することを目的とする。また、更に、X線光学素子の交換や洗浄の必要性の有無を知ることができ、X線照射装置又は露光方法を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明の第1の形態では、光学素子に電磁波又は電子線を照射して、光学素子の汚れ具合を測定する測定装置において、光学素子から放出される電子を検出し、検出された電子のうち所定のエネルギー範囲の電子を選択して、選択されたエネルギー範囲内の電子を測定する測定手段を備えた。

【0009】本発明では、X線源や電子線源、紫外光源などから放射された電磁波や電子線を光学素子に照射することにより発生する光電子やオージェ電子などの電子を検出して、検出された電子のうち所定のエネルギー範囲の電子を選択して測定することで、光学素子の汚れ具合を測定することとした。また、本発明の第1の形態では、測定手段では、光学素子から放出された電子を検出して検出信号を出力する検出手段を備え、所定の距離における電子の飛行時間を計測することで電子のエネルギーを測定する飛行時間法により検出手段で得られた信号を基に、所定のエネルギー範囲の電子の情報を選択することとした。この様に飛行時間法を用いて、測定手段に到達した電子のエネルギーを測定して、選択することで簡便な検査装置を得ることができる。

【0010】また、本発明の第1の形態では、所定のエネルギー範囲は、前記光学素子を構成する物質と電磁波又は電子線のエネルギーに応じて定めた。また、更に測定手段では、選択されたエネルギー範囲内に該当する電

子数に関する信号を取得し、その信号を基に前記光学素子の汚れ具合を検出することとした。この様に、電子を選択する範囲は、光学素子に入射する電磁波又は電子線のエネルギーと光学素子を構成する物質から決めて、その範囲の電子のみを検討することとした。そして、更に測定手段では、光学素子上に汚染物質が付着すると、光学素子から放出される電子の数が少なくなることから、決められた範囲内での電子の数量を計測することで光学素子の汚れ具合を検出するようにした。

【0011】また、本発明の第1の形態では、他にも次のような形態を有する。所定のエネルギー範囲は、光学素子に付着すると予想される汚染物質と電磁波又は電子線のエネルギーに応じて定められたエネルギー範囲で設定する。そして、測定手段では、選択されたエネルギー範囲での電子数に関する信号を取得し、その信号を基に前記光学素子の汚れ具合を測定することとする形態である。

【0012】このように、汚染物質と電磁波又は電子線のエネルギーとから決められる電子のエネルギー範囲を設定して、予想される汚染物質からの電子のみを選択することとした。そして、その電子の数を検出することで、光学素子の汚れ具合を検出することとした。また、本発明の第1の形態では、測定手段に、光学素子を構成する物質と電磁波又は電子線の持つエネルギーとに応じて定められたエネルギー範囲内の電子について、そのスペクトルを得て、そのスペクトルのピーク値から光学素子に付着した汚染物質を特定する物質特定部を備えることで、汚染物質の特定を行うことの検査装置を提供することができる。

【0013】物質に応じて、電子の束縛エネルギーが異なるので、同一振動数の電磁波で放出された電子は、物質によってエネルギーが異なる。このことに着目して、本発明は物質の特定を行うこととした。ところで、本発明の第1の形態では、エネルギー範囲として上述以外にも、光学素子を構成する物質と電磁波又は電子線の持つエネルギーとに応じて定められた第1の電子のエネルギー範囲と、光学素子に付着すると予想される汚染物質と電磁波又は電子線の持つエネルギーとに応じて定められた第2の電子のエネルギー範囲の二つの範囲を設定することとし、かつ測定手段では、第1及び第2のエネルギー範囲のそれぞれで光学素子から放出された電子を検出して、第1のエネルギー範囲での電子の数量に関する第1の信号及び第2のエネルギー範囲での電子の数量に関する第2の信号を取得し、第1の信号と第2の信号を基に、第1のエネルギー範囲と第2のエネルギー範囲での電子の数量の比較して、光学素子の汚れ具合を検出することとした。

【0014】この様に光学素子からの電子と汚染物質からの電子のそれぞれを検出して、両者の比を取ること、で、光学素子の汚れ具合を検出することとした。また、本

発明の第1の形態では、測定手段に、光学素子から所定の角度範囲で放出される電子を検出する検出手段が備えられ、光学素子から放出される電子のうち、所定の角度範囲でのみ電子を検出することとした。

【0015】一般的に、物質から放出する電子が非弾性散乱を起こさずに物体を通過して脱出できる距離は、放出する電子のエネルギーに依存している。したがって、被測定物体の表面に対して垂直方向に放出された電子を検出した場合、被測定物体の表面に対して垂直以外の角度で放出された電子を検出したよりも、表面から深い位置で放出された電子を検出することができる。このことを利用して、本発明では、検出手段の検出角度を変えることで、放出される電子の検出可能な深さを可変している。

【0016】また、更に本発明の第1の形態では、光学素子には、光学素子への電磁波又は電子線の照射により所定のエネルギーの電子を放出する物質が形成されていることとした。光学素子を構成する物質では、電子の放出が起こらない場合には、光学素子を構成する物質よりも低い束縛エネルギーを有する物質を光学素子に設けることで、電子を放出させる。そして、その電子の数を測定することで、光学素子の汚れ具合の測定をすることができる。

【0017】次に、上記課題を解決するために本発明の第2の形態では、光学素子に電磁波又は電子線を照射して、光学素子の汚れ具合を測定する測定装置において、光学素子に付着した汚染物質から放出される電子を検出して、光学素子の汚れ具合を測定することとした。この様に光学素子に付着した汚染物質から放出される電子を検出することで、光学素子の汚れ具合を測定する。

【0018】また、上記課題を解決するために本発明の第3の形態では、被照射物体上に、X線を照射する照射装置において、感光材料が感光可能な露光波長を有するX線を生成する光源と、光源からのX線を基板に到達させる少なくとも一つの光学素子と、光学素子及び光学素子に付着した汚染物質から放出される電子を検出し、検出された電子のうち、所定のエネルギー範囲の電子を選択して、選択されたエネルギー範囲内における電子を測定する測定手段を備えたこととした。

【0019】また、更に本発明の第3の形態では、測定手段は、被照射物体又は光源に最も近い位置に配置された光学素子又は光源を含んでいる容器内に置かれている前記光学素子に設けた。更に、本発明の第3の形態では、光学素子は真空容器内に設けられ、真空容器には、真空容器内に存在する気体を真空容器外に放出する吸引手段が備えられ、測定手段は、吸引手段に最も近い位置に配置された光学素子に設けることとした。

【0020】このように、汚染源である真空ポンプなどが配置されている近傍に設けられた光学素子について、汚れを測定することで、そのほかの光学素子に設けなく

とも全ての光学素子の汚染状況を推測することができ
る。なお、本発明の第3の形態は、更に本発明の第1の
形態で有した各構成を備えても良い。

【0021】また、本発明の第4の形態は、X線源から
放射された光を光学素子を介して、パターンが形成され
たマスクに照射しかつ感光剤が設けられた基板上にマス
クの像を投影する露光方法において、光学素子から放出
される電子を検出して、検出された電子のうち、所定の
エネルギー範囲の電子を選択して、選択されたエネルギ
ー範囲内の電子を測定することで、光学素子の汚染状況
を得て、露光することとした。

【0022】このように、露光するときに光学素子から
放出される電子を検出して、所定のエネルギー範囲の電
子を選択して測定することで、光学素子の汚れ状況を見
ながら、露光する事ができる。なお、本発明の第4の形
態は、更に本発明の第1の形態で有した各構成を備えて
も良い。

【0023】次に、本発明を更に詳しく説明するため
に、発明の実施の形態を挙げて、説明するものとする。

【0024】

【発明の実施の形態】本発明の第1の実施の形態である
X線露光装置を挙げて、本発明を説明するものとする。
この本発明の第1の実施の形態であるX線露光装置を図
1に示す。このX線露光装置は、露光用の照明光として
軟X線領域の光を用いて、ステップ・アンド・スキャン
方式により露光動作を行う露光装置である。

【0025】このX線露光装置は、X線を放射する光源
部1と、反射マスク110に光源部1からのX線を照射し、
かつ反射マスク110の像をウェハ26に投影する光学系が
載置された露光光学系2と、露光光学系を構成する光学
素子の汚れ具合を測定する検出部3a、3bとからなる。
ところで、本X線露光装置では、光源部1は、LPXを採
用した。このLPXからなる光源部1は、パルスレーザ発
生装置10と、ビームスプリッタ6と、パルスレーザ発生
装置10から放射された光を集光するレンズ12と、真空
容器の透過窓13が設けられた真空容器11と、標的物質
であるガスを噴出するノズル14と、放射されたX線を所
定の方向に反射する放物面ミラー17と、X線を真空容器
11から導出するための窓18とを備えている。

【0026】そして、パルスレーザ装置10から発せら
れたレーザ光101は、ビームスプリッタ6を通過して、
レンズ12に入射する。レンズ12に入射したレーザ光101
は、透過窓13を透過して真空容器内11に集光される。
一方、標的物質であるキセノン(Xe)ガスは、フィールド
スルーを通して、真空容器11内に導入される。そして、
キセノンガスはノズル14から真空容器11内に噴出され
る。なお、噴出されたガスはパルスジェット状に噴出す
るように、ノズル14はパルスジェットノズルを用いて
いる。なお、ノズルが開いている

時間はおおよそ500マイクロ秒になるように設定され
ている。また、キセノンガスは背圧50気圧でノズル14
から真空容器11中に噴出される。

【0027】ところで、真空容器11中に噴出されたキ
セノンガスは、断熱自由膨張により急激にその温度が低
下して、ファン・デル・ワールス力により原子同士が互
いにくっつき合い、原子数が数十から数十万個にも及
ぶクラスター分子15が形成される。そのクラスター分
子15にレンズ12で集光されたレーザ光101を照射する
と、プラズマ16が生成される。なお、実際には、キセ
ノンガスが真空中に噴出された後、数100マイクロ秒
程度経過してから、レーザ光101を照射している。

【0028】このようにして生成されたプラズマ16
は、X線を放射する。放射したX線はパルス状に放出さ
れ、ノズル14の近傍に取り付けられた放物面ミラー17
にて、所定の方向にX線が伝搬するように集光する。
なお、この放物面ミラー17は、多層膜で形成され、放
物線の回転面と同形状の反射面を有している。そして、
放物面ミラー17で反射して平行化されたX線は、可視
光カットX線フィルターが設けられた窓18を透過後、
露光光学系2を備えた真空容器内に入射する。

【0029】なお、光源部1から放射されるX線の強度
は、レーザ光101のエネルギーによって変化する。そ
のため、レーザ光101の一部はビームスプリッタ6に
より分割されて、レーザエネルギーモニター19に入射
される。この様にして、パルスレーザ発生装置から放射
されるレーザ光のパルス毎のエネルギーあるいは、ある
ショット数間の平均値をモニターして、放射されるX線
の強度を推測している。

【0030】次に、露光光学系2について説明する。こ
の露光光学系2は、照明光学系21や投影対物光学系を
形成しているミラー22やミラー23及び光学系24
と、投影する回路パターンが描かれている反射マスク1
10と、回路パターンを形成する基板26と、フィルタ
ー25が備えられている。光源部1で放射されたX線
は、最初に照明光学系21に入射する。この照明光学系
21の概略構成図は図2に示す通りである。この照明光
学系2は、折り返しミラー201と、第1の反射素子群
202aと、第2の反射素子群202bと、コンデンサ
ミラー203から構成されている。

【0031】光源部1の放物面ミラー17から射出され
るX線は、ほぼコリメートされた状態で折り返しミラー
201によって所定方向に反射される。そして、オプテ
ィカルインテグレートとしての反射型フライアイ光学系
202に向かう。この反射型フライアイ光学系202
は、複数の反射面(複数のミラー要素)を集積してなる
第1の反射素子群202aと、この第1の反射素子群202
aのそれぞれの反射面に対して異なる反射面を設けた
第2の反射素子群202bとで構成されている。

【0032】この反射型フライアイ光学系202では、

光源部 1 からの X 線を第 1 の反射素子群 202a で波面分割を行い、複数の光源像を形成する。また、第 2 の反射素子群 202b を複数の光源像が形成される近傍に設けた。そして、分割されたそれぞれの波面に対して、別々の反射面でコンデンサーミラー 203 の方へ X 線を反射している。なお、第 2 の反射素子群 202b は、フィールドミラーの機能も果たしている。なお、この反射型フライアイ光学系 202 については、本願出願人による特願平 10-474000 号に提案されている。

【0033】この様に一旦、複数の光源像が形成されて伝搬する X 線は、次にコンデンサーミラー 203 に入射する。このコンデンサーミラー 203 は、その焦点位置が第 1 の反射素子群 202a による光源像が形成される位置の近傍になるように配置されている。このコンデンサーミラー 203 によって反射された X 線は、反射マスク 110 に到達するようになっている。このようにして、反射マスク 110 の所定の照明領域は、反射型フライアイ光学系 202 で形成された光源像からの光により重畳的に均一照明する。

【0034】ところで、反射マスク 110 で反射された X 線は、投影対物光学系を形成しているミラー 22 やミラー 23 で反射して、図 3 に示す光学系 24 に入射する。この光学系は、凹面形状の第 1 ミラー 24a、凸面形状の第 2 ミラー 24b、凸面形状の第 3 ミラー 24c 及び凹面形状の第 4 ミラー 24d の反射鏡、そして、ミラー 23 で反射された X 線を第 1 ミラー 24a に導くためのミラー 24e から構成されている。それぞれのミラー 24a～24d は、それぞれの光軸が共軸となるように配置されている。そして、それぞれのミラー 24a～24d より形成される光路を遮断しないために、第 1 ミラー 24a、第 2 ミラー 24b 及び第 4 ミラー 24d には、切り欠きが設けられている。

【0035】そして、反射型マスク 110 にて反射された X 線は、これら投影対物光学系により、基板 26 上の露光領域に、所定の縮小倍率 β (例えば、 $|\beta| = 1/4, 1/5, 1/6$) のもとで反射型マスク 110 のパターンの縮小像を形成する。なお、図 1 には、不図示であるが、反射型マスク 110 は少なくとも一方向に沿って移動可能なレチクルステージにより支持されており、基板 26 は、3 次元的に移動可能な基板ステージにより支持されている。露光動作の際には、レチクルステージを一方向に移動させながら、基板ステージも投影対物光学系の縮小倍率により定まる所定の速度で移動させる。これにより、基板 26 上の所定のショット領域内には、反射型マスク 110 のパターンが走査露光される。

【0036】また、以上の反射鏡又はミラーの全ては、その反射面に X 線を反射するための多層膜が形成されている。この多層膜はモリブデンとシリコンの交互多層膜からなっており、反射 X 線の中心波長を 13.5 nm とするように膜の周期長が決定されている。また、反射マ

スク 110 も同様である。更に、X 線露光装置の露光光学系 2 を収納した真空容器には、真空容器内の気体を排出するための排出口 211 と、その排出口 211 から気体を真空容器外に放出するための真空ポンプ 212 が備えられ、大気より低い気圧にしている。

【0037】また、X 線露光装置の露光光学系 2 を収納した真空容器内には、露光光学系 2 を構成する光学素子の汚れ具合を測定する検出部 3a、3b を備えている。ところで、この検出部 3a、3b は、検査する光学素子の近傍に配置されており、以下に説明する方法により光学素子の汚れ具合を検出している。光学素子に X 線が入射すると、光学素子表面から光電子が放出される。光学素子に入射する X 線が十分に単色であれば、光学素子表面から放出される光電子のエネルギーは、照射された X 線のエネルギーと光学素子の表面の物質とで決まる。すなわち、X 線の光子エネルギーを E_x 、光学素子表面を構成する物質の結合エネルギーを E_b とした場合、仕事関数を無視して考えると、放出される光電子のエネルギーは E_p は、X 線の光子エネルギー E_x と結合エネルギー E_b との差で決まる。また、光電子のエネルギー幅は入射する X 線のエネルギー幅にほぼ等しくなる。

【0038】ところで、光電子が物質表面から非弾性散乱を起こさずに脱出できる平均距離(以下、「脱出深さ」とする)は、光電子が持つエネルギーに依存している。この脱出深さと光電子のエネルギーと関係を図 4 に示す。図 4 の横軸は、光電子のエネルギーを示しており、縦軸は脱出深さを示している。この図 4 からわかるように、光電子のエネルギーが数 10 eV から 1 keV 程度の範囲では、脱出深さは数 Å から数十 Å であり、その厚さは非常に浅い。このことは、光学素子表面に非常に薄く汚染物質が付着・堆積しても、光学素子を構成する物質からの光電子は、検出されなくなることを示している。

【0039】そこで、本発明に係る X 線露光装置は、光学素子表面から放出された光電子を検出して、光学素子表面から放出された電子に関する情報を選択して、その光電子量を監視することで、光学素子表面の汚染をモニターするものとして使用ができる。すなわち、光学素子表面を構成する物質の結合エネルギーに対して、放出される光電子が数 10 eV から 1 keV のエネルギーを有するような X 線を放射することで、光学素子表面から放出する光電子を得ることができる。また、その際、汚染物質から放出された光電子も発生しているかもしれないので、放出された光電子をエネルギー毎に選択して、光学素子表面を構成する物質から放出した電子を選択できるように所定のエネルギー範囲内の光電子を選択し、その光電子量を測定する。そして、光学素子を構成する物質から得られた光電子量が低下してきたら、光学素子表面を形成する物質に汚染物質が付着してきたと推定することができる。このことを利用して、所定の値まで低下

したら、光学素子を交換したり、光学素子の洗浄を行う時期に来たと判断できる。

【0040】ところで、検出する電子は、光学素子表面を構成する物質から得られる光電子だけに限られず、オージェ電子についても同様に検出することで、光学素子表面の汚れ具合を測定することができる。このオージェ電子とは、X線や電子線による励起によって電子が放出された後にできる空孔に、他の準位の電子が遷移してきて、その準位を埋める。そのときに、残りのエネルギー差に相当するエネルギーを持って真空中に放出された電子である。ちなみに、オージェ電子の持つエネルギー E_a は、紫外線、X線や電子線などの励起源により放出された電子の結合エネルギー E_b から、空孔を埋める電子のエネルギー E_1 とオージェ電子として放出される電子の結合エネルギー E_2 との和を引き算したもの等しい。式に表すと $E_a = E_b - (E_1 + E_2)$ となる。

【0041】このオージェ電子が持つエネルギーも光電子と同様に数10 eVから1 keV程度のエネルギーとなるので、光電子と同様にその脱出深さは非常に浅い。したがって、光電子と同様に光学素子表面を形成する物質から得られるオージェ電子のみを選択し、そのオージェ電子の電子量を計測することで光学素子の汚れ具合を検出することができる。

【0042】この様に、検出部3a、3bは、光学素子から放出される光電子やオージェ電子のうち、光学素子表面を形成する物質から得られる光電子やオージェ電子のエネルギー範囲内の電子を選択して、電子数を検出す

る事で光学素子の汚れ具合を検査している。ところで、上述の検出を行うために、検出部3a、3bは次のような構成を有する。この検出部3a、3bは、飛行時間型エネルギー分析装置になっており、磁気シールドされた飛行管33a、33bと、光電子やオージェ電子を検出するマルチチャンネルプレート34a、34bと、飛行管33a、33bに設けられ、光電子やオージェ電子のエネルギーを低下させる阻止電界印加用のメッシュ電極31a、b及び32a、bを備えている。

【0043】なお、飛行時間法はパルス光源の場合に適した分析法である。また、他のエネルギー分析器に比べて電子の検出効率が高いので、感度よく電子を検出することができる。この飛行時間法は、パルスX線源から極短時間（たとえば、数ns以下）だけ被検査物体にX線が照射されると、被検査物体からはほぼ同時（X線のパルス幅と同時間内）に光電子が放出される。被検査物体からはいろいろなエネルギーを持った電子が放出されるが、エネルギーの大きな電子は速度が大きいのので速く検出部3a、3bに到達し、エネルギーの小さな電子は遅く検出部3a、3bに到達する。

【0044】すなわち、電子のエネルギーを E 、電子の質量を m 、被検査物体から検出器までの距離 L 、検出部3a、3bまでの到達時間を T とすると、次の式1の関係性を有する。

【0045】

【数1】

$$E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{m}{2}\left(\frac{L}{T}\right)^2 \dots (式1)$$

【0046】したがって、検出部3a、3bまでの距離 L がわかっていれば、電子の到達時間 T を測定すれば、電子のエネルギーを知ることができる。また、飛行時間型エネルギー分析器のエネルギー分解能は、式2で与え

$$|\delta E| = \frac{mL^2}{T^3} \delta T = \frac{2E}{T} \delta T \dots (式2)$$

【0048】ここで、 δT はX線のパルス幅や検出部3a、3bの応答時間等である。 δT が一定であれば、電子の到達時間 T が長ければ長いほど、エネルギー分解能は向上する。そこで、本発明の実施の形態で使用した検出部3a、3bでは、阻止電界を印加できるようにして、電子のエネルギー E を低下させ、到達時間 T を長くすることによりエネルギー分解能を向上させ、微細なスペクトル構造を観測できるようにしている。

【0049】この様な構成で、検出部3a、3bは、ミ

られる。

【0047】

【数2】

ラー23やフィルター25の汚れ具合をモニターしている。露光光学系2の中でミラー23は、真空ポンプ212の近傍に設けられている。したがって、真空ポンプ212から拡散されるオイルによる汚染が最も激しいと考えられる。また、フィルター25は、基板26に塗布されたレジストから発生したガスにより最も汚染されやすいと考えられる。このように、それぞれ最も汚染されやすい光学素子の近傍に検出部3aおよび検出部3bを備えた。

【0050】そして、検出部3a、3bでは、メッシュ電極31aとメッシュ電極32aの間、又はメッシュ電極31bとメッシュ電極32bの間に、適当な電圧を印加する。そして、ミラー23やフィルター25が光源部1からのX線に照射された時に放出される電子のエネルギーをメッシュ電極31a、bとメッシュ電極32a、bにより、低下させる。そして、エネルギーが低下された電子は飛行管33a、b内を通過後、光電変換部を有したマルチチャンネルプレート34a、34bに到達する。

【0051】ところで、マルチチャンネルプレート34a、34bからの出力信号は、露光光学系部2の真空容器の外部に、同軸ケーブルにより取り出され、処理部4に出力される。この処理部4では、マルチチャンネルプレート34a及び34bからの出力信号から、それぞれのエネルギー毎に、検出された電子数に関する情報を得る。そして、あるエネルギー範囲における電子数を測定することで、ミラー23やフィルター25の汚れ具合を検出している。そのため、処理部4は、図5に示すように、信号処理部4a、選択部4b、比較部4c、メモリ4dを有して処理を行っている。

【0052】信号処理部4aは、マルチチャンネルプレート34aおよび34bから得られた信号から、マルチチャンネルプレート34a、bで検出された電子のエネルギー毎に、検出された電子の数量に関するデータ信号を出力する。なお、信号処理部34a、34bは、マルチチャンネルプレートからの出力信号を電子スペクトルに変化して、次段の選択部でエネルギー範囲として指定出来るようにしても良いし、前述の様に飛行時間法では、エネルギーと到達時間が1対1に対応しているので、時間範囲を選択して行っても良い。

【0053】選択部4bは、光源部1で放射されたX線の振動数と、フィルター25又はミラー23の最表面層を形成する物質とから、最表面層を形成する物質から放出された電子が有するエネルギー範囲又はそれに相当する時間範囲を選択範囲として予め決めている。そして、信号処理部4aで出力された信号から、予め定められた選択範囲内に有する電子のデータのみを選択し、その範囲内における電子の数を示すデータ信号を比較部4cに出力する。

【0054】そして、比較部4cでは、選択部4bで選択されたエネルギー範囲又はそれに相当する時間範囲における電子の数量を所定の値と比較する。検出された電子の数量が所定の値より小さくなった場合は、ミラー23やフィルター25が汚染され、交換又は洗浄を必要とすると推定して、表示手段5にその旨を表示している。

【0055】なお、メモリ4dは、比較部4cで用いられる所定の値についての情報を格納している。この所定の値は、ミラー23やフィルター25が交換又は洗浄を必要とするような汚染状態になるときに、ミラー23や

フィルター25の最表面物質から得られるだろうと考えられる電子の数量の値と同じである。このような値は、予め使用者などが処理部4に入力することで、メモリ4dに格納することができる。なお、この様な一連の処理は、図5に示したブロックを有した回路だけに限られず、CPU等を用いて同様な処理を行っても良い。

【0056】なお、上述では、電子数を比較対象としているが、たとえば、マイクロチャンネルプレート出力信号などの電子数と相関のある信号で比較しても良い。ところで、X線露光装置に用いられる各種ミラーはモリブデンの酸化による反射率低下を防ぐために、珪素を最上にして使用している。しかし、この珪素の2pの結合エネルギーは99eVであり、13.5nmのX線における光子エネルギーは、91eVであるので、ミラー23はX線が入射しても、電子が放出されない。

【0057】そこで、本発明の第1の実施の形態であるX線露光装置のミラー23には、その最表面層に光学的にX線の吸収などが無視できる程度の白金膜を形成した。白金膜の膜厚は、数オングストローム程度あれば十分な電子数が得られる。実際、本発明の実施の形態では、5オングストローム程度の白金膜を成膜しているが、それによる反射率の低下は5%であり、実用上無視できる程度である。そして、白金は、波長13.5nmのX線が照射されると、4f準位の電子の結合エネルギーは74.5eV(4f5/2)及び71.2eV(4f7/2)であるから、白金から放出される光電子は、およそ16.5eV及び19.8eVのエネルギーを持つ。

【0058】ところで、上述の構成を有した露光装置では、光源部1で生成されたプラズマ16から放出されるX線は、広い波長範囲に渡って放出される。しかし、放物面ミラー17や照明光学系21、反射マスク110、ミラー22などの多層膜ミラーで反射されるうちに、X線のスペクトル幅は多層膜のバンド幅で制限され、投影対物光学系の一部であるミラー23に入射するX線のスペクトル幅は、使用波長を λ とすると、 $\delta\lambda/\lambda$ = 約2.5%のバンド幅になっている。

【0059】したがって、使用波長は13.5nmであるからスペクトル幅は $\delta\lambda = 0.34$ nmとなり、光子エネルギーでは $\delta E = 2.3$ eVとなる。したがって、上述のミラー上に成膜された白金からは、16.5eV及び19.8eVを中心に2.3eV程度のエネルギー幅を持ったスペクトルが観測される。

【0060】そこで、検出部3a、3bで検出された電子のうち、16.5eV及び19.8eVを中心に2.3eVの範囲でエネルギーを持つ電子の数量を処理部4で算出し、その電子の数量が所定の値より小さくなった場合に、交換や洗浄などの対処の必要を使用者に表示するようにしている。この様に本発明の第1の実施の形態における露光装置では、使用波長では、光学素子から電子が放出されない場合に、光学素子を形成する物質とは

異なる物質をその表面に形成した。しかし、この様な目的で形成する物質は、光学素子の一部の表面だけでも良い。また、同じ目的で形成する物質は、白金だけに限られず、用いた波長の光源により内殻電子を放出できるものであれば、どのような物質でも構わない。

【0061】また、光学素子の表面にコートされる物質は、上述の他に光電子の脱出深さが適当になるような物質を選んでも良い。図4からわかるように光学素子から放出される電子が10eV程度以下あるいは数100eV程度以上のエネルギーを有する時には、脱出深さが数10オングストローム程度と比較的深いが、30eVから100eV程度の範囲では脱出深さが数オングストローム程度しかない。この脱出深さの電子エネルギー依存性を利用し、汚染物質がX線を吸収することによって、放出されるエネルギーが適当な値になるように光学素子にコートする物質を選択する事が好ましい。

【０００２】また、本発明の第１の実施の形態であるＸ線露光装置に用いられた検出部３a、３bでは、検出する電子数が不足している場合には、マグネティックボトルなどの磁氣的レンズや静電レンズなどを設けて、より広い角度で電子を捕捉できるようにしても構わない。次に本発明の第２の実施の形態であるＸ線露光装置をあげて、本発明を説明する。なお、本発明の第２の実施の形態であるＸ線露光装置が、第１の実施の形態であるＸ線露光装置と比べて異なる点は、処理部４のみである。したがって、第１の実施の形態と異なる点のみここで説明する。なお、説明に用いる図面は図５を流用することにする。

【0063】本発明の第2の実施の形態では、マルチチャンネルプレート34a、34bで検出された電子のうち、光学素子に付着すると予想される汚染物質から放出される電子を選択して、光学素子の汚れを検査する方法を行っている。汚染物質の付着する量が多くなってくると、汚染物質によって形成される膜が所定の厚さになるまで、汚染物質から放出される電子の量が多くなってくる。

【００６４】そのために、本第２の実施の形態であるＸ線露光装置では、処理部４はマルチチャンネルプレート３４ａ及び３４ｂからの出力信号から、予想される汚染物質と光源部１で放射されたＸ線のエネルギーとから、汚染物質から放出された電子を選択するようにした。そこで、第２の実施の形態における処理部４は、図５に示したブロックのうち選択部４ｂと比較部４ｃのみが異なる。

【0065】ところで、選択部4bは、予想される汚染物質と光源部1で放射されたX線のエネルギーとから、汚染物質から放出された電子が有するエネルギー範囲を選択範囲として予め記憶している。そして、信号処理部4aで出力された信号から、予め定められた選択範囲内に該当する電子のデータのみを選択し、その選択範囲内

における電子数を示すデータ信号を比較部 4 c に出力する。

【0066】そして、比較部4cでは、選択部4bで選択されたエネルギー範囲における電子数を所定の値と比較する。検出された電子数が所定の値より大きくなった場合は、ミラー23やフィルター25が交換又は洗浄を必要とすると推定して、表示手段5にその旨を表示している。なお、メモリ4dに格納された所定の値は、ミラー23やフィルター25が交換又は洗浄を必要とするような汚染状態になるときに、汚染物質から得られるだろうと考えられる電子数の値と同じである。

【0067】ところで、選択されたエネルギー範囲における電子数は、汚染物質の厚さが電子の脱出深さ程度までであれば、その汚染物質の量とほぼ等しい。したがって、上述のように汚染物質から放射された電子数を検出することで、汚染物質の量も測定することができる。次に、本発明の第3の実施の形態であるX線露光装置について説明する。

【0068】本発明の第3の実施の形態であるX線露光装置が第1の実施の形態であるX線露光装置と比べて異なる点は、処理部4のみである。したがって、第1の実施の形態と異なる点のみ説明する。なお、説明に用いる図面は図5を流用することにする。本発明の第3の実施の形態では、マルチチャンネルプレート34a、34bで検出された電子のうち、ミラー23やフィルター25の最表層を形成する物質から放出された電子及び光学素子に付着すると予想される汚染物質から放出された電子を選択し、それぞれの電子数を比較して、光学素子の汚れ具合を検出することとしたものである。

【0069】そのために、処理部4の選択部4bでは、信号処理部4aから得られた信号から、ミラー23やフィルター25の最表層を形成する物質から放出された電子数と汚染物質から放出された電子数に関するデータのみをそれぞれ選択し、比較部4cに出力する。そして、比較部4cでは、ミラー23やフィルター25の最表層を形成する物質から放出された電子数と汚染物質から放出された電子数との比を取って、その値が所定の値より大きいか否かで、ミラー23やフィルター25の交換又は洗浄の必要性を判断する。

【0070】次に本発明の第4の実施の形態であるX線露光装置について、説明する。このX線露光装置には、本発明の第1の実施の形態での処理部4の代わりに、物質特定部を備えた点が、第1の実施の形態であるX線露光装置と異なる。なお、それ以外は第1の実施の形態であるX線露光装置とは、同じなのでここでの説明は省略する。

【0071】ところで、本第4の実施の形態であるX線露光装置は、マルチチャンネルプレート34a、34bから出力された信号から、ミラー23やフィルター25から放出された電子のスペクトルを得て、そのスペクトル

ルの中でピークを持つ電子のエネルギー値から物質を特定することとした。先にも説明したとおり、放出される光電子やオージェ電子のエネルギー値は、光源部1から放射された光の振動数と照射された物質とから決まる。したがって、得られる電子スペクトルのピーク値から放出された光電子やオージェ電子の発生源を特定することができる。

【0072】そこで、本第4の実施の形態であるX線露光装置は、処理部4の代わりに、物質特定部を備えた。この物質特定部は、処理部4の信号処理部4aと同様なものを備え、マルチチャンネルプレート34a、34bで検出された電子のエネルギースペクトルに関するデータを取得する。その電子のスペクトルデータの中でピーク値を検出し、ピーク値が検出された電子のエネルギー値から、電子を放出した物質を特定する特定部を更に備えている。

【0073】なお、本発明では、この物質特定部と先に説明した処理部4を両方とも備え、光学素子に付着した汚染物質の特定と、光学素子の汚れ具合の両方を検出することでも構わない。次に、本発明の第5の実施の形態であるX線露光装置について説明する。このX線露光装置の概略構成は、図6に示した。なお、図6で示した図番のうち、図1で示した図番と同一符号の構成は、第1の実施の形態におけるX線露光装置に用いたものと同じものであるため、ここでの説明は省略するものとする。

【0074】ところで、第5の実施の形態であるX線露光装置には、ミラー23やフィルター25から放出される電子を検出する検出手段として、円筒型のエネルギー分析器7a、7bを備えている。そして、この円筒型のエネルギー分析器7a、7bは、ミラー23やフィルター25に対して、その設置角度が任意の角度をなすように、移動可能に取り付けられている。

【0075】これら円筒型のエネルギー分析器7a、7bの検出方向は、所定の角度範囲を有している。そして、円筒型のエネルギー分析器7a、7bの設置角度を可変して放出電子の検出方向を変えることができ、放出電子が発生する検出可能な深さを調整することができる。次に、円筒型のエネルギー分析器7a、7bの検出角度を光学素子の表面に対して変化させることで、放出電子の検出可能な深さを変えられる理由を図7を用いて説明する。図7は、光学素子の表面近傍と、円筒型のエネルギー分析器7の配置関係を示した図である。

【0076】ところで、円筒型のエネルギー分析器7a、7bが光学素子の表面の法線方向にある場合は、図7(a)に示したような配置となる。この場合、X線が照射された時に表面から深さ入までの領域までにおいて、放出された電子を検出することができる。しかし、円筒型のエネルギー分析器7a、7bの配置された位置が、光学素子の表面からの角度が小さい場合には、図7(b)に示したような配置関係となる。この場合、円筒

型のエネルギー分析器7の検出方向と光学素子の表面とのなす角度を θ とすると、円筒型のエネルギー分析器7a、7bは、光学素子の表面から $\lambda \sin \theta$ の深さまでしか放出電子が検出出来ない。しかし、両方とも検出可能な最も深い位置では、電子が通る実質的な光学素子中での移動距離は同じであり、それは先に述べた電子の脱出深さで決められる。

【0077】このように、光学素子の表面に対して検出器の検出角度のなす角度を浅くなるように配置することで、表面の状態に非常に敏感になり、光学素子の表面に対して浅い領域から放出された電子のみを検出することができる。そして、汚染物質によるX線の吸収が小さく、ある程度厚く付着しないとX線の吸収が問題にならない場合には、検査する光学素子の法線方向近傍に検出器を配置することが好ましい。

【0078】以上のとおり、本発明の第5の実施の形態であるX線露光装置には、円筒型のエネルギー分析器7a、7bの角度調節を行って、付着する汚染物質に応じて所望の深さまで放出電子を検出するようにしている。なお、以上のことは、本発明の他の実施の形態にも同様に適用できる。ところで、本第5の実施の形態であるX線露光装置には、ミラー23やフィルター25からの光電子やオージェ電子を十分な量で検出できるように、ミラー23やフィルター25に強い強度でX線を照射することができる検査用光源部301a、301bを設けた。この検査用光源部301a、301bは、アルミニウムを電極としたX線管からなっている。したがって、検査用光源部301a、301bからは、アルミニウムのK α 線のX線が放射される。このK α 線はその光子エネルギーが高いため、ほとんど全ての物質の内殻電子を励起して、放出させることが出来る。

【0079】以上のとおり、本発明に係る実施の形態であるX線露光装置では、上述のように、たとえばミラー23をモデルにした場合、その最表層が珪素で構成されているので、汚れが付着していない場合は、珪素の電子スペクトルしか観測出来ない。しかし、長時間運転していると、真空ポンプ212から逆流してきたオイルなどがミラー23に付着・堆積して、次第に反射率や透過率などの光学性能を低下させてしまう。

【0080】また、このような場合、ミラー23上に付着したオイルの成分である炭素や酸素の光電子スペクトルが観測されるようになり、得られた光電子スペクトルの強度から汚染物質の付着量を得ることが、本発明では可能となる。また、このようなデータから、光学素子の交換や洗浄の時期を得ることができる。なお、本発明は、光源を持つ装置にのみ適用するものではなく、特段X線源等を持たない光学機器にも適用できる。

【0081】なお、光学素子の汚染状況を本発明を用いて調べるために使用する光源としては、X線を放射する線源だけに限られず、光学素子や光学素子に付着した汚

染物質に照射した際に、電子の放出が得られるものであれば良い。たとえば、電子線を照射するものであってもよいし、紫外域の光線を照射することでも良い。なお、紫外線などを用いたときには、ラインスペクトルを有する光を放出する光源であることが好ましい。

【0082】また、励起する電子は内殻電子に限られず、外殻電子を励起し、放出させてその電子を計測しても構わない。また、用いた光源がパルス状の光源ではない場合には、第1の実施の形態で説明した以外の電子検出器を用いても構わない。たとえば、一般の光電子分析装置やオージェ電子分析装置に用いられているような静電同心半球型分析器や円筒鏡型分析器、あるいは阻止電場型分析器などが使用できる。

【0083】なお、上述の実施の形態では、真空ポンプ212やレジストが塗布された基板26に最も近いミラー23やフィルター25について、汚れ具合をモニターしたが、他の光学素子をモニターしても構わない。また、複数の光学素子をモニターする事で、汚染状況の違いに応じて、それぞれの光学素子において別々の交換や洗浄時期を決定することができる。

【0084】このことを半導体製造を行う露光装置の光学素子に対して適用することで、運転を中止して真空系を破り、光学素子を検査することを防ぐことができ、半導体製造におけるスループットが向上する。また、上述の実施の形態では、汚れ具合を検出する際に、検出したスペクトルにおいて、そのスペクトルのピーク強度を求めて行ってきたが、これ以外にもスペクトルの変化量やスペクトルの形状の変化などを得て、汚れ具合を検出しても構わない。

【0085】なお、本発明のX線露光装置の光源については、LPX以外にも放射光リングや放電プラズマを用いたものでも良い。

【0086】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の測定装置によれば、光学素子上の汚れ具合を計測あるいは推定でき、様々な光学機器に取り付けることが出来る。したがって、このような機器の運転を行いながら、汚れ具合の計測あるいは交換・洗浄時期の推定ができるため、効率的に光学素子の交換や洗浄を行うことができる。

【0087】また、更にX線照射装置や露光装置に用いられる光学素子を本発明の方法又は構成によって汚染具合を検出することで、高いスループットを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】：本発明の係る第1の実施の形態におけるX線

露光装置の概略構成図である。

【図2】：本発明の係る第1の実施の形態におけるX線露光装置の照明光学系21の概略構成図である。

【図3】：本発明の係る第1の実施の形態におけるX線露光装置の投影対物光学系24の概略構成図である。

【図4】：光電子やオージェ電子の物質からの脱出深さと、それら電子のエネルギーとの相関関係を示した図である。

【図5】：本発明の係る第1の実施の形態におけるX線露光装置の処理部4の概略構成図である。

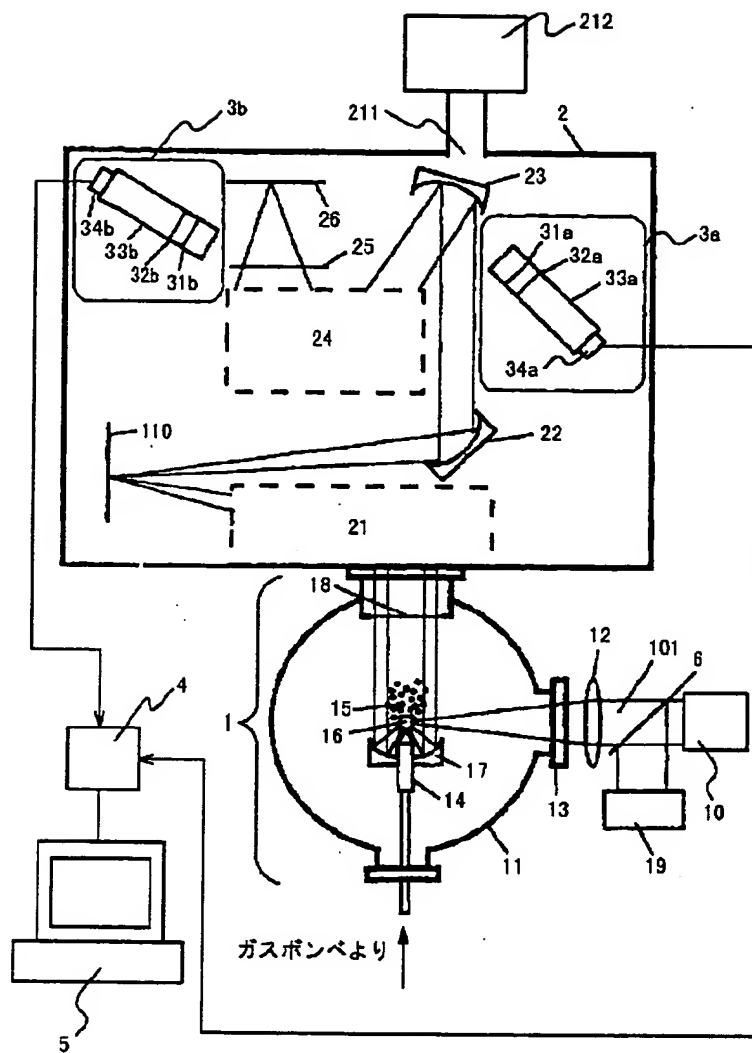
【図6】：本発明の係る第5の実施の形態におけるX線露光装置の概略構成図である。

【図7】：電子を検出するエネルギー分析器と光学素子表面とのなす角度と、放出電子の検出可能な深さの関係を示す図である。

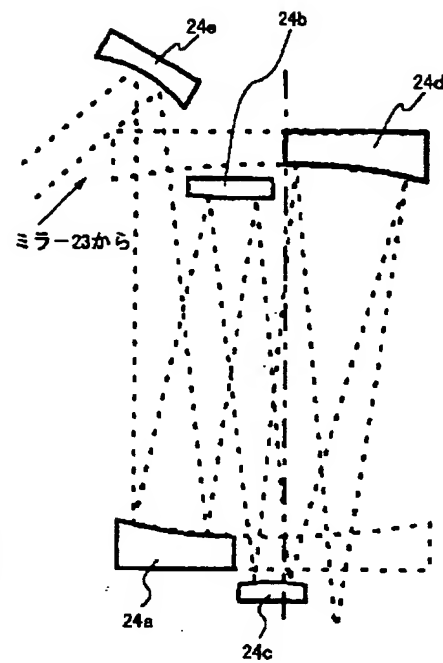
【符号の説明】

- 1・・・光源部
- 6・・・ビームスプリッタ
- 10・・・レーザ
- 11・・・真空容器
- 12・・・レンズ
- 13・・・透過窓
- 14・・・ノズル
- 15・・・クラスター分子
- 16・・・プラズマ
- 17・・・放物面ミラー
- 18・・・窓
- 19・・・レーザエネルギーモニター
- 2・・・露光光学系
- 21・・・照明光学系
- 22, 23・・・ミラー
- 24・・・光学系
- 25・・・フィルター
- 26・・・基板
- 211・・・排気口
- 212・・・真空ポンプ
- 3a, 3b・・・検出部
- 31a, 31b, 32a, 32b・・・メッシュ電極
- 33a, 33b・・・飛行管
- 34a, 34b・・・マルチチャンネルプレート
- 4・・・処理部
- 5・・・表示手段
- 6・・・ビームスプリッタ
- 7a, 7b・・・円筒型のエネルギー分析器

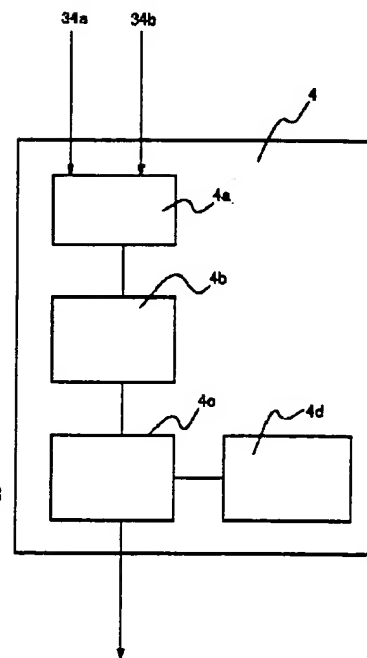
【図1】



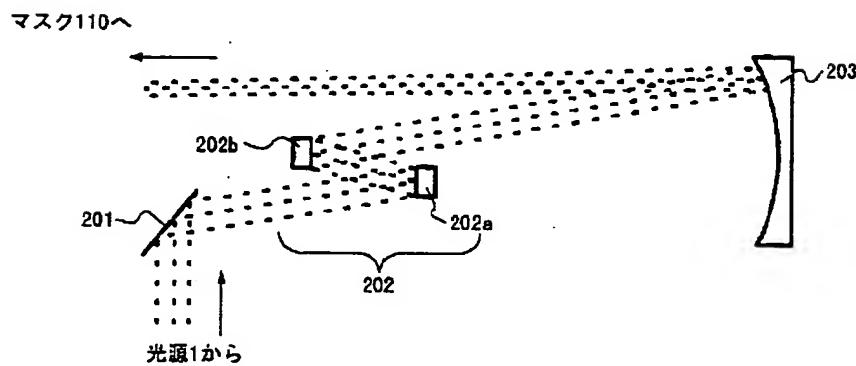
【図3】



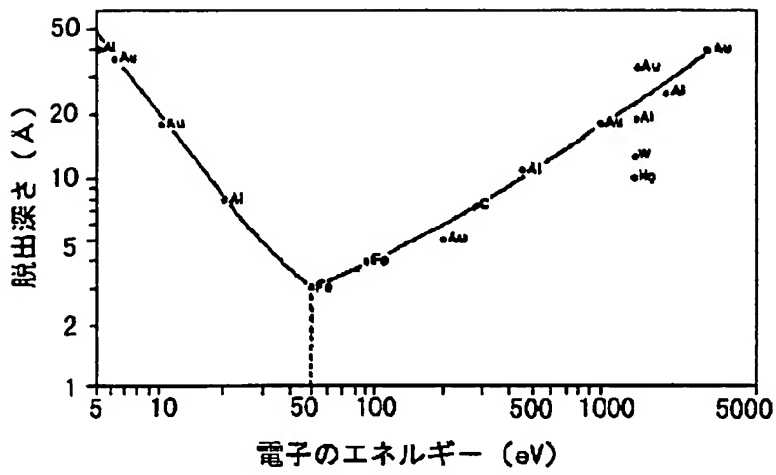
【図5】



【図2】

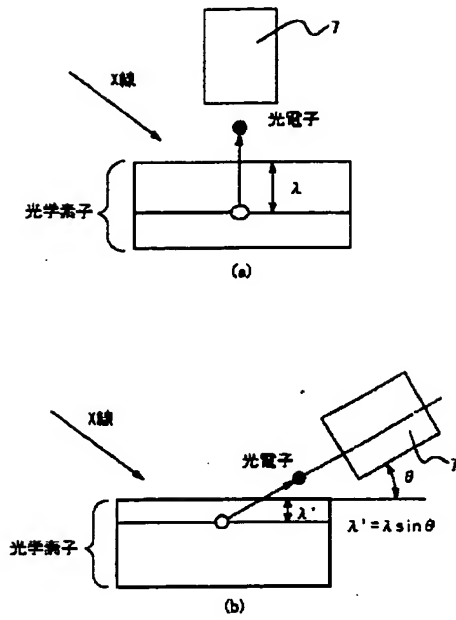


【図4】

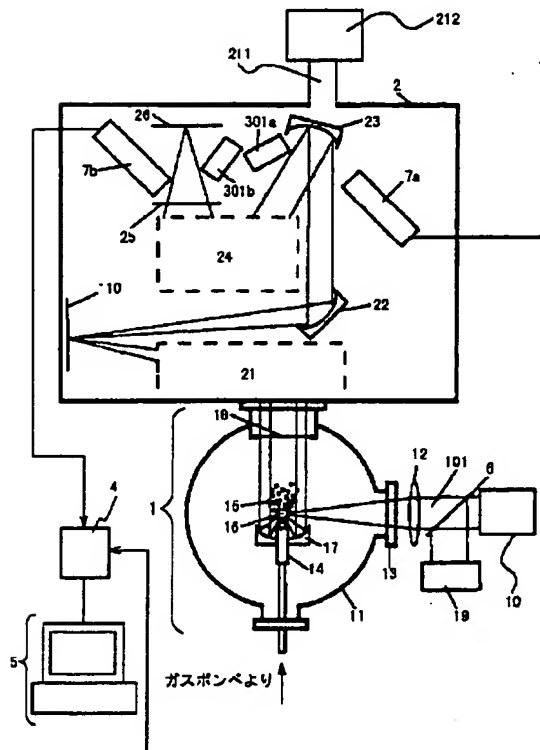


S. Hüfner, "Photoelectron Spectroscopy", p8 (1995)

【図7】



【図6】



THIS PAGE BLANK (USPTO)